

можливе в задачах екстремальної комбінаторики для побудови найменш вразливих систем безпеки з мінімізацією коштів, затрачених на їх побудову.

Подяки

Робота виконується за підтримки Міністерства освіти і науки України та Ради з наукових і технологічних досліджень Турецької Республіки (TUBITAK) в рамках міжнародного українсько-турецького науково-технічного проекту № М/47-2008 “Розробка методів проектування та оптимізації систем виявлення порушників безпеки”.

Література

1. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 496 с.
2. Perimeter Security Sensor Technologies Handbook / Electronic Security Systems Engineering Division, North Charleston, South Carolina, 1997. – p. 107, (URL <http://www.nlectc.org/perimetr/Hb-Word.doc>).
3. Ernest J. Henley, Hiromitsu Kumamoto. Reliability Engineering and Risk Assessment. – Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1981. – 566 p.
4. Bykovyy P., Development of the knowledge base of perimeter security systems // Proceedings of the 2nd International IEEE Conference “Intelligent Systems. – Varna (Bulgaria). – June 22 – 24, 2004. – vol. 3. – P. 54-57.
5. Turchenko I., Turchenko V., Kochan V., Bykovyy P., Sachenko A., Markowsky G., Database design for CAD system optimising distributed sensor networks for perimeter security // Proceedings of the 8th IASTED International Conference Software Engineering and Applications. – November 9-11, 2004. – MIT, Cambridge, MA (USA). – P. 59-64.
6. Bykovyy P., Kochan V., Sachenko A., Markowsky G., A CAD system that optimizes distributed sensor networks for perimeter security // Proceedings of the Second IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security and Safety. – Istanbul (Turkey). – October 9-13, 2006. – P. 271-276.
7. Bykovyy P., Kochan V., Sachenko A., Markowsky G., Genetic algorithm implementation for perimeter security systems CAD // 4-th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'07). – Dortmund (Germany). – 6-8 September, 2007. – P. 634-638.
8. Bykovyy P., Pigovsky Y., Kochan V., Sachenko A., Markowsky G., Aksoy S., Genetic algorithm implementation for distributed security systems optimization // IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSAS 2008). – Istanbul (Turkey). – 14-16 July 2008. – P. 120-124.
9. Домарев В. В. Безопасность информационных технологий. Методология создания систем защиты. – К.: ООО “ТИД “ДС”, 2002. – 688 с.
10. Звездинский С. С., Иванов В. А., Рудниченко В. А. Классификации, особенности и информационно-измерительные модели средств обнаружения // “Специальная техника”. – № 6. – 2007. – С. 26-33.
11. Алиев Р. А., Церковный А. Э., Мамедова Г. А. Управление производством при нечеткой исходной информации. – Москва: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
12. Rutkowska D. Neuro-Fuzzy Architectures and Hybrid Learning. – Physica-Verlag, 2002, – 308 p.
13. “Barrier-300” – характеристики сповісувача // www.centers.ru/catalog/perimeter/russia/umirs/barier_300.htm
14. “SPEC-5” – характеристики сповісувача // http://spec.ru/product_about.php?p_s=1&&prod=sp5

Надійшла 4.2.2010 р.

УДК 389:638.011.54

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

ОСНОВЫ (МИНИ-)ТЕОРИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В настоящей статье изложены основы мини-теории метрологической эффективности, изучающей и характеризующей качество целенаправленной метрологической деятельности человека и ее результатов на разных уровнях познания сущности свойств, процессов, объектов и систем.

In present article bases of the mini-theory of the metrological efficiency studying and characterising quality of purposeful metrological activity of the person and its results at different levels of knowledge of essence of properties, processes, objects and systems are stated.

Ключевые слова: метрологическая эффективность.

Введение

На сегодняшний день известны различные виды деятельности человека и коллективов людей:

экономическая, социальная, производственная, научно-техническая и т.д. Вся целенаправленная деятельность человека (или коллектива) и ее результаты оцениваются через понятие (катеорию) «эффективность». Она пронизывает все сферы практической деятельности человека, все стадии общественного производства, является основой для построения количественных критериев ценности принимаемых решений.

Не зря в научных выводах по разделам диссертационной работы и в заключении после перечисления того, что сделано, обязательно пишут о том, что получено диссертантом или соискателем в результате проделанной работы. Например, «в результате использования новой стратегии измерений достигнуто повышение точности измерений в 10 раз при снижении быстродействия в 3 раза», «реализация метода избыточных измерений с периодическим преобразованием пар физических величин обеспечило повышение быстродействия в 2 раза при уменьшении погрешности измерений на 1%» или «в результате реализации нового метода измерений достигнуто снижение затрат материалов и изделий на 25%» и т.д. Именно вторая часть выводов и характеризует эффективность проведенных исследований или результатов инновационной деятельности человека по сравнению с известными результатами. Аналогичные требования существуют и к отчетам по научно-исследовательским работам и проектам.

По виду и особенностям деятельности человека можно различать и соответствующие виды эффективности: экономическая, социальная, народнохозяйственная, хозрасчетная, обобщающая – воспроизводства в целом, а также локальная – отдельных регионов и хозяйственных звеньев, частная – отдельных факторов производства, отдельных фаз воспроизводства – производства, распределения, обмена и потребления [1]. Такое понимание, трактовка и детализация видов эффективности указывает не только на многогранность и многоаспектность категории, но и на незавершенность в то же время процесса познания эффективности, раскрытия сущности и достижения однозначности в ее интерпретации исследователями и практиками.

Применительно к метрологии, как одного из видов целенаправленной деятельности человека, эффективность еще недостаточно глубоко изучена, отсутствуют ее определения и толкования для всего многообразия методов измерений, видов измерений, средств измерения и измерительных систем.

В настоящей статье рассмотрены основы (мини-)теории метрологической эффективности, описываются основные определения эффективности, как категории, так и ее самостоятельного вида – метрологической эффективности, приводятся их классификация, вводятся новые понятия и определения, формулируются соответствующие законы и принципы. Все это необходимо было сделать с целью укрепления основ метрологии, как науки, и в связи с расширением области деятельности человека с макро- и мегамира в микро- и наномир.

Объект и предмет исследований

Объектом исследований является категория эффективности, как характеристика качества целенаправленной деятельности человека.

Предметом исследований являются эффективность целенаправленной деятельности человека вообще и в метрологии, в частности, т.е. метрологическая эффективность, ее аспекты и классификация.

Постановка задачи (цель статьи)

Целью настоящей статьи является ознакомление ученых и специалистов в области метрологии и измерительной техники с сущностью и многообразием фундаментальной категории эффективности, изложение основ теории метрологической эффективности с учетом накопленных знаний и всего многообразия методов измерений, видов измерений, средств измерения и измерительных систем.

Полученные результаты

Эффективность как философская категория

Каркас любой науки, в том числе и метрологии, составляют категории. Они отражают наиболее общие и существенные свойства, стороны, связи и отношения реальной действительности и познания. Категории позволяют связать любое знание с философией и, наоборот, осуществить переход от нее ко всякой конкретной области знания. Категории фиксируют классы знания, этапы и факторы познавательного процесса. С другой стороны, они представляют собой наиболее общие формы высказываний и понятий, от которых происходят остальные понятия [2]. Уровень качественного изменения в категории характеризуют признаки (укрупненные показатели), количественным выражением признака являются показатели.

Эффективность, как философская категория, характеризует ступени и формы познания материального мира. При выяснении сущности категории «эффективность» необходимо помнить, что не способы расчета определяют ее понятие и содержание, а наоборот, содержание категории определяет способы ее расчета [3].

Эффективность является одной из фундаментальных категорий, поскольку выражает закономерности, присущие любому виду человеческой деятельности [4]. Она – одна из возможных (важнейшая, но не единственная!) характеристик качества не только любого вида деятельности человека, но и результатов этой деятельности. Эффективность – сугубо относительная характеристика деятельности, причем относительно преследуемых этой деятельностью целей. Иначе говоря, эффективность — это свойство способа деятельности, если с его помощью цели достигаются быстрее, легче, с меньшими затратами.

Сложность и многогранность категории эффективности пока не позволяет выявить один единственный критерий для ее количественного определения. Последнее вынуждало разграничивать эффективность на ряд видов и раскрывать понятие каждого из них. Эффективность – дифференцированная и многоуровневая

характеристика [1].

В общем представлении эффективность (в переводе с латинского – действенный, производительный, дающий результат) характеризует целенаправленную деятельность человека по исследованию различных сторон, свойств, связей, отношений при изучении процессов, объектов, систем и явлений материального мира.

Эта деятельность определяет [5]: 1) цели познания; 2) задачи познания; 3) направление познания; 4) объект познания; 5) содержание познания; 6) уровень познания; 7) степень проникновения в сущность объекта познания; 8) результаты познания; 9) средства познания и обусловлена насущными жизненными потребностями человеческого общества, требующего преобразования окружающей действительности.

Лучшим методом научного познания является метод измерения. Измерение в отличие от сравнения является более точным познавательным средством. Метод измерения не исчерпывается только количественными характеристиками объекта познания, он также предоставляет основу для изучения его качественной определенности. Степень познания качественной стороны объекта обусловлена степенью познания его количественной стороны в операции измерения [6].

Определение 1 (с философской точки зрения)

Эффективность – характеристика качества (действенности) целенаправленной деятельности человека и ее результатов на разных уровнях познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений материального мира.

Определение 2 (с философской точки зрения)

Эффективность – это форма выражения результатов целенаправленной деятельности человека, содержащая качественную и количественную стороны.

Следует различать понятия «эффект» и «эффективность». Эффектом обладает любое взаимодействие — как вещественное, так и информационное. Эффект выступает как результат (основной или побочный) такого взаимодействия вне зависимости от его целей и назначения [7]. Другими словами эффект – абсолютная (безотносительная) характеристика, выражающая результат любой деятельности. Например, эффект от внедрения средства измерений (СИ) составил 200,0 тыс. грн. Эффект выражается в абсолютных единицах.

Эффективность – сугубо относительная характеристика результативной деятельности, имеющая определенные преследуемые цели. Эффективностью обладает не любое взаимодействие и не всякий процесс, а лишь имеющие определенные цели.

Эффективность, как понятие, означает результативность. Как категория она имеет две стороны – качественную и количественную.

Качественная сторона отражает сущность категории, т.е. ее логическое и теоретическое содержание, вид функции эффективности, используемые критерии и показатели эффективности, форму представления полученных результатов. Качественная сторона характеризует также целостность, многомерность, динамичность, взаимосвязанность различных аспектов эффективности.

В работе используется наиболее общее понятие «показатель», – как «характеристика, по которой можно судить о развитии какого-либо явления, процесса, объекта, о значении размеров данного явления в условиях конкретного места и времени» [8].

Количественная сторона посредством уравнений числовых значений раскрывает действия закона экономии времени¹, характеризующего объективный процесс рационального (эффективного) использования времени как обществом в целом, так и отдельной личностью для более быстрого достижения намеченных целей.

В экономике эффективность определяется двояко: 1) как отношение результата производства к затратам на его осуществление; 2) как отношение результата того, что создано (произведено), к тому, от чего пришлось отказаться при выборе альтернативного варианта [3].

Законы эффективности

Законы составляют ядро или сердцевину любой научной теории. Дадим несколько определенных общим и частным законам эффективности.

Закон эффективности (всеобщий)

Определение 1

Результат целенаправленной деятельности человека характеризуется отношением того, от чего пришлось отказаться, к тому, что создано.

В некоторых случаях, в зависимости от используемых объективных и существенных показателей эффективности, определяется обратное отношение.

Определение 2

Проявление целенаправленной деятельности человека и ее результатов описывается функцией эффективности (ФЭф), связывающей между собой существенные показатели эффективности этой деятельности.

ФЭф определяется методом измерения отношения абсолютных значений существенных показателей эффективности, полученных до и после окончания этой деятельности.

Определение 3

¹ Всякая экономия в конечном счете сводится к экономии времени. Экономии Времени Закон – всеобщий экономический закон, определяющий объективный процесс рационального использования времени как обществом в целом, так и отдельной личностью для более быстрого достижения намеченных целей [9].

Результат целенаправленной деятельности человека познается методом измерения отношения абсолютных значений существенных показателей эффективности и характеризуется функцией эффективности.

Принципы эффективности

Принципы – это основные, исходные положения любой теории, общие результаты ее исследования, выраженные в общей мыслительной, категориальной форме, и полученные в результате исследований.

Определение 1

Если целенаправленная деятельность человека результативная, то она характеризуется эффективностью.

Определение 2

Эффективность раскрывает содержание и закономерности результативной деятельности человека.

Определение 3

Эффективность относительна и характеризует закономерную связь между показателями эффективности.

Определение 4

Эффективность характеризует деятельность человека через существенные, основные свойства и факторы, определяющие ход процесса.

Определение 5 (принцип многогранности)

Эффективность многогранна, как и многогранна целенаправленная деятельность человека.

Определение 6 (принцип многозначности)

Эффективность многозначна (и многопараметровая) и не позволяет выявить один единственный критерий для ее измерения.

Определение 7

Мерой частной эффективности является ее вклад в общую эффективность [4].

Определение 8

Общая эффективность – результат обобщения частных взаимосвязанных эффективностей, а не их показателей.

Определение 9 (принцип многоуровневости)

Эффективность многоуровневая, как и деятельность человека по достижению одной или совокупности целей.

Определение 10

Эффективность познается в сравнении, через связи и отношения.

Определение 11

Нет познания без сравнения.

Определение 12

Сравнение – мать познания.

Определение 13

Лучшим методом научного познания эффективности есть метод измерения.

Определение 14

Степень познания качественной стороны объекта обусловлена степенью познания его количественной стороны в операции измерения.

Определение 15

Эффективность закономерна и характеризуется ФЭф, ее парциальными коэффициентами и уравнениями числовых значений.

Определение 16

Все проявления целенаправленной деятельности человека характеризуются ФЭф.

Классификация видов эффективности

Для изучения содержания и сущности эффективности, как характеристики деятельности человека, нами разработана соответствующая классификация, отражающая различные аспекты эффективности и их взаимосвязи (рис. 1). В качестве классификационных признаков были выбраны следующие: цель определения эффективности, виды эффективности по видам деятельности человека; виды эффективности по показателям эффективности; виды эффективности по важности показателей; виды эффективности по достигаемому конечному результату (основные), свойства эффективности, критерии оценки эффективности, уровни эффективности, подуровни эффективности.

По цели определения эффективности различают общую (абсолютную) и сравнительную (относительную) эффективность целенаправленной деятельности человека.

Общая эффективность определяется при оценке и анализе общеэкономических результатов и эффективности на различных уровнях экономики (макро- и микроуровнях), причем за определенный период времени и в динамике. Это обусловлено необходимостью сопоставления различных уровней эффективности. Если в экономике, например, общую эффективность определяют на уровнях народного хозяйства, отраслей, объединений и предприятий, то в метрологии – на уровнях наномира, микромира, макромира и мегамира. В метрологии общая эффективность рассчитывается преимущественно для методов и средств измерений по тем или иным показателям эффективности. Мерой частной эффективности является ее вклад в общую эффективность [4].

Сравнительная эффективность рассчитывается и анализируется при обосновании принимаемых решений с целью отбора из альтернативных вариантов наилучшего (оптимального).

По видам деятельности различают экономическую, социальную или социально-экономическую, институциональную, метрологическую и другие виды эффективности (рис. 1).

Каждому виду эффективности присущи свои специфические показатели. Причем все показатели могут быть разделены на основные (ключевые) и дополнительные (второстепенные). Так, например, в метрологии используются следующие основные показатели эффективности: общая погрешность измерения, основная погрешность, быстродействие измерений, чувствительность измерительного канала (ИК) (например, при $\{x_i\} = 1$), время наработки на метрологический отказ, стандартная, суммарная стандартная и расширенная неопределенность, и другие. В качестве дополнительных можно назвать такие показатели эффективности, как, например, дополнительная погрешность, систематическая составляющая погрешности результата измерений, случайная составляющая и другие.

По типам показателей различают следующие подвиды эффективности: подвиды, использующие показатели экономической эффективности; подвиды, использующие показатели социально-экономической эффективности; подвиды, использующие показатели институциональной эффективности; подвиды, использующие показатели метрологической эффективности и т.д.

По значимости используемых показателей все виды эффективности могут быть разделены на виды эффективности, использующие основные (ключевые) (– англ. Key Performance Indicators, KPI) показатели, и виды эффективности, использующие дополнительные (второстепенные) показатели.

К выбору существенных (основных и дополнительных) показателей эффективности установлено ряд требований [10]. Показатели эффективности должны:

- 1) измеряться одним и тем же методом;
- 2) основываться на достоверных данных, т.е. измеряться с заданной точностью;
- 3) быть понятными и простыми в использовании;
- 4) обеспечивать получение дополнительной информации;
- 5) способствовать эффективным действиям в деятельности человека.
- 6) положительно влиять на целенаправленную деятельность человека;
- 7) способствовать получению дополнительных полномочий пользователем;
- 8) сохранять свою адекватность (релевантность).

Естественно, система основных показателей не изменит текущий результат и не начнет приносить доход, так как это всего лишь один из инструментов достижения намеченных стратегических целей. Не было бы никакого смысла во введении системы основных показателей эффективности, если бы пользователи не могли предпринимать никаких действий на основе ее результатов. В большинстве случаев основные показатели эффективности пересматриваются на регулярной основе. Действительно, использование некоторых основных показателей может привести к незапланированным результатам, другие показатели могут со временем потерять свою актуальность.

По достигаемому конечному результату в экономике, например, различают следующие три основных вида эффективности: 1) отношение затрат к полученным результатам ($\Theta = P/3$), 2) отношение результата к преследовавшимся целям ($\Theta = P/Ц$), 3) отношение целей к реальным потребностям, проблемам ($\Theta = Ц/П$) [7].

Первый вид эффективности выражает экономичность использования средств и ресурсов, – эффективность тем выше, чем меньше затраты позволяют получить один и тот же результат; второй вид выражают степень реализации целей деятельности, – эффективность тем выше, чем в большей степени результаты соответствуют целям; а третий вид выражает степень рациональности выдвигаемых целей, – эффективность тем выше, чем в большей степени цели решают реальные проблемы.

С некоторой степенью условности данные виды эффективности могут характеризоваться такими показателями качества целенаправленной деятельности человека и ее результатов, как «экономичность», «результативность» и «целесообразность», соответственно [7]. Поэтому, основные виды эффективности могут классифицироваться по признаку целенаправленности конечного результата. При этом будем различать экономическую эффективность (Э-эффективность), результативную эффективность (Р-эффективность) и целесообразную эффективность (Ц-эффективность) (рис. 1). Для краткости можно говорить об эффективности типа «Э», типа «Р» и типа «Ц».

Всем видам эффективности присущи следующие свойства: целостность, многомерность, динамичность, взаимосвязанность. Первое свойство обусловлено конкретностью используемого показателя эффективности. Второе – многомерностью пространства, результатов деятельности человека и показателей эффективности этой деятельности. Третье свойство обусловлено изменениями показателей эффективности в зависимости от изменения тех или иных условий и состояний объекта исследования. И, наконец, все параметры объекта исследований взаимосвязаны и взаимообусловлены. Изменения одних параметров или характеристик приводит к изменениям других.

Эффективность различается между собой также по индивидуальным особенностям, характеризующим целенаправленную деятельность человека. По признаку «критерии оценки» этой деятельности выделяют подвиды эффективности, соответствующие таким критериям, как [11]: действенность (effectiveness); экономичность (efficiency); качество (quality); прибыльность (profitability/benefitburden); производительность (productivity); качество трудовой жизни (quality of work life); нововведения (innovation). Следовательно, по индивидуальным особенностям различают эффективности: по степени достижения поставленных целей (критерий действенности); по степень использования необходимых ресурсов^{1*} (критерий экономичности); по степени соответствия полученных значений эффективности ожиданиям или требованиям нормативных документов (критерий качества); по

соотношению между валовыми доходами и фактическими расходами (критерий прибыльности²); по соотношению количества изготовленных продуктов и количества затрат труда на их выпуск (критерий производительности); по степени соответствия личных представлений работников о социально-психологических условиях в трудовом коллективе с фактическим состоянием условий труда и быта, т.е. по качеству трудовой жизни³; по степени реального использования новых достижений в области современной техники, технологии производства и управления на предприятиях и в организациях для достижения поставленных целей (критерий нововведений⁴).

Существуют разные уровни исследования материального мира, на которых осуществляется целенаправленная деятельность человека, результативность которой должна быть оценена соответствующим образом. В этой связи различают следующие уровни эффективности: уровень наномира, уровень микромира, уровень макромира и уровень мегамира (рис. 1). В рамках указанных уровней человек изучает новые вещества, материалы, изделия и системы разной физической природы, созданные и создаваемые им в процессе инновационной деятельности.

Уровни эффективности состоят, в свою очередь, из подуровней. В метрологии, например, в рамках



Рис. 1. Тонкая структура эффективности

¹ В этом случае эффективность можно выразить отношением ресурсов, подлежащих потреблению для достижения определенных целей, к ресурсам, фактически потребленным.

² Конкретными показателями прибыльности являются: уровень прибыли, определенный по объему продаж; отношение прибыли к совокупным активам; отношение прибыли к собственному капиталу.

³ Качество трудовой жизни – это престижность работы, чувство безопасности, уверенности, удовлетворенности работников, включая управленческий персонал.

⁴ Нововведения отражают реальное использование новых достижений в области современной техники, технологии производства и управления на предприятиях и в организациях для достижения поставленных целей.

указанных подуровней человек изучает свойства и метрологические характеристики новых веществ, материалов, изделий и систем в четырех мирах. Это обуславливает и саму специфику определения метрологической эффективности на каждом уровне. В XXI веке, например, особое внимание стали уделять нанотехнологиям, изучению свойств веществ, материалов и наноизделий, созданию новых материалов, изделий и систем с новыми свойствами, измерениям этих свойств и оценке эффективности человеческой деятельности и полученных результатов (рис. 1).

Таким образом, эффективность многогранна, как и многогранна целенаправленная человеческая деятельность на создание новых методов, методологий, веществ, материалов, изделий, систем, технологий и т.д. Характеристика качества целенаправленной деятельности человека и ее результатов на разных уровнях познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений материального мира осуществляется только через показатели эффективности.

Метрологическая эффективность

Понятие эффективности применяется во многих науках, в том числе и в метрологии, как характеристика качества целенаправленной метрологической деятельности человека и ее результатов на разных уровнях познания сущности свойств, процессов, средств измерений и измерительных систем.

Закон метрологической эффективности (МЭф) (общий для данного вида деятельности)

Определение 1

Проявление целенаправленной метрологической деятельности человека и ее результатов характеризуется метрологической ФЭф¹.

Определение 2

Результат целенаправленной метрологической деятельности человека характеризуется определенной закономерностью, описываемой ФЭф, которая познается методом измерения отношения существующих и полученных абсолютных значений существенных показателей метрологической эффективности.

Определение 3

Результат целенаправленной метрологической деятельности человека характеризуется инвариантным отношением абсолютных значений существенных метрологических показателей эффективности, известных и полученных в заданном динамическом диапазоне значений искомой ФВ при определенных условиях и ограничениях.

Определение 4

Эффективность целенаправленной метрологической деятельности человека и ее результатов характеризуется ФЭф, полученной методом измерения отношения абсолютных значений существенных метрологических показателей, характеризующих развитие какого-либо явления, процесса или объекта.

Определение 5 (вероятностного типа)

Эффективность целенаправленной метрологической деятельности человека и ее результатов познается методом измерения отношения абсолютных значений существенных метрологических показателей, полученных с одинаковой степенью вероятности в заданном динамическом диапазоне исследуемых свойств и характеризуется метрологической ФЭф.

Частные законы учитывают конкретные закономерности, присущие любому виду человеческой деятельности, реальные условия и существующие ограничения.

Частные законы метрологической эффективности (вероятностного типа)

Определение 1 (обобщенный закон вероятностного типа)

Любой результат метрологической деятельности человека познается методом измерения отношения абсолютных значений существенных показателей метрологической эффективности, полученных с одинаковой степенью вероятности до и после получения конечного результата при установленных условиях и ограничениях и характеризуется метрологической ФЭф, ее парциальными коэффициентами или уравнением числовых значений.

Определение 2 (частный закон для видов измерений)

Эффективность избыточных измерений по сравнению с прямыми определяется методом измерения отношения абсолютных значений нормируемых погрешностей сравниваемых методов (прямых и избыточных), полученных с одинаковой степенью вероятности

Определение 3 (частный закон для методов измерений)

Эффективность методов измерений определяется путем измерения отношения абсолютных значений нормируемых погрешностей сравниваемых методов (прямых или избыточных), полученных с одинаковой степенью вероятности в заданном динамическом диапазоне значений искомой ФВ при установленных условиях и ограничениях и характеризуется метрологической ФЭф и/или метрологическими числами.

В частных законах метрологической эффективности случайность рассматривается не сама по себе, а в связи с необходимостью, т.е. наличием случайной составляющей погрешности результата измерений. За совокупным действием различных факторов случайного характера, которые невозможно практически все

¹ каждому значению аргумента этой функции соответствует метрологическое число, состоящее из среднего значения эффективности и значений верхней и нижней границ рассеяния ее значений в заданном динамическом диапазоне значений одной и той же искомой ФВ при установленных условиях и ограничениях и характеризуется метрологической ФЭф и/или метрологическими числами.

охватить, статистические законы вскрывают необходимость, которая прокладывает себе дорогу через ряд случайностей [12].

В них значение погрешности не определяется достоверным образом и обязательно указывается ее вероятностное распределение.

Принципы метрологической эффективности

Приведенные выше принципы эффективности присущи и для МЭф. Однако, учитывая специфику науки метрологии, дадим определения МЭф.

Определение 1

Все проявления целенаправленной метрологической деятельности человека характеризуются метрологической ФЭф, ее парциальными коэффициентами или уравнением числовых значений.

Определение 2

Метрологическая эффективность закономерна и характеризуется как метрологической ФЭф, так и/или метрологическими числами.

Общие определения метрологической эффективности

Определение 1

МЭф – характеристика действенности результатов (метрологической) деятельности человека по достижению поставленных целей на разных уровнях познания сущности методов, видов, средств (прямых и избыточных) измерений и измерительных систем.

Метрологическая эффективность определяется как отношение метрологических показателей методов или СИ, от которых необходимо отказаться, к тем, которые были созданы.

Определение 2

МЭф – характеристика отношения одноименных характеристик или определенных показателей качества известного и альтернативного (вновь созданного) метода или СИ во всем динамической диапазоне значений измеряемых ФВ или на ограниченном его участке.

Определение 3

МЭф – характеристика целенаправленной деятельности человека и ее результатов, описываемая ФЭф, как отношения зависимости одноименных показателей эффективности известного и альтернативного (вновь созданного) метода или средства измерений, полученных при определенных условиях и ограничениях, от значений измеряемых ФВ во всем динамической диапазоне, на ограниченном его участке или при одном значении ФВ.

Поскольку МЭф характеризуется метрологической ФЭф, то она также характеризуется качественной и количественной определенностью.

Качественная сторона отражает логическое и теоретическое содержание МЭф, ее сущность и тонкую структуру метрологической ФЭф.

С метрологической точки зрения *количественная сторона* раскрывает действие действия закона экономии времени и вероятностных законов рассеяния результатов измерений на разных уровнях познания и сравнения методов, видов, средств измерений и измерительных систем, и отражает, с одной стороны, тонкую структуру общих и частных показателей МЭф через уравнения числовых значений, а с другой стороны, – вероятностную сущность полученных при достижении поставленных целей результатов.

Показатели метрологической эффективности

Качественная сторона результата целенаправленной метрологической деятельности человека отражается тем или иным критерием, а количественная – показателями эффективности. Показатели МЭф, количественно выражающие какой-либо критерий, различаются между собой по полноте, с которой они характеризуют эффективность. Если, например, в качестве критерия МЭф выбрать систематическую составляющую погрешности измерений, то полученный показатель МЭф не будет достаточно полно отражать результат деятельности человека по совершенствованию, например, того или иного метода или средства измерений. В этом случае в качестве критерия эффективности целесообразно использовать нормированную (суммарную) погрешность измерений.

При выборе показателей МЭф необходимо выполнять следующие условия:

1) показатели МЭф должны иметь название (имя собственное) и адекватно отражать условия измерений, при которых они осуществляются. Эти характеристики через соответствующие методы измерений должны быть связаны с обобщенной целью измерений и ключевыми факторами успеха, – качеством измерений, участниками процесса измерений, метриками (функциями и парциальными коэффициентами) эффективности и т.п.;

2) показатели МЭф должны быть количественно измеряемыми, т.е. для них должна существовать возможность определить: а) единицу измерения; б) текущее значение показателя МЭф при установленных условиях или ограничениях; в) погрешность измерений показателя МЭф или неопределенность результата измерений; г) целевое (допустимое) значение, которое данный показатель МЭф может достигать со временем (в будущем).

В метрологии качестве критериев МЭф используются МХ нормируемых погрешностей прямых и избыточных измерений (в виде временной зависимости или в виде зависимости погрешности от измеряемой ФВ во всем диапазоне их значений), быстроедействие, чувствительность, время наработки на метрологический отказ и другие.

Классификация видов метрологической эффективности

Рассмотрим классификацию видов МЭф с использованием таких существенных признаков, как: уровень или направления человеческой деятельности; подуровни или области деятельности в метрологии; частные виды МЭф; условия и ограничения, наложенные на объект измерений; основные виды ограничений или условия функционирования^{1*}; число проводимых измерений в каждом такте и/или цикле; особенности процессов прямых и избыточных измерений; изучаемые физические принципы измерений; типы существенных показателей МЭф; форма представления МЭф.

По первому признаку все виды МЭф можно разделить на четыре уровня или направления (рис. 2): 1) эффективность целенаправленной деятельности человека и ее результатов на уровне познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений наномира (эффективность измерений в наномире), 2) эффективность целенаправленной деятельности человека и ее результатов на уровне познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений микромира (эффективность измерений в микромире), 3) эффективность целенаправленной деятельности человека и ее результатов на уровне познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений макромира (эффективность измерений в макромире) и 4) эффективность целенаправленной деятельности человека и ее результатов на уровне познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений мегамира (эффективность измерений в мегамире).

По следующему признаку различают четыре подуровня познания или области целенаправленной деятельности человека и ее результатов. В этой связи различают следующие виды МЭф: 1) МЭф методов измерений; 2) МЭф видов измерений; 3) МЭф СИ; 4) МЭф ИС.

По признаку «частные виды МЭф» выделяют: МЭф методов прямых и избыточных измерений; МЭф видов прямых и избыточных измерений; МЭф средств прямых и избыточных измерений; МЭф измерительных систем и интеллектуальных измерительных систем.

Обобщенное понятие «эффективность методов измерений» может быть представлено через понятия «точность измерений» и «погрешность результата измерений». В этой связи под эффективностью методов измерений будем понимать модуль отношения точностей сравниваемых методов измерений в заданном диапазоне значений искомой ФВ x_i .

Поскольку аналитическая оценка качества измерения через точность используется редко, то будем использовать форму записи ФЭф через погрешности сравниваемых методов измерений. Это позволит учесть существующие различия в тонкой структуре сравниваемых методов измерений и их погрешностей (или неопределенностей).

Научный и практический интерес представляют следующие подходы к оценке МЭф.

Первый подход используется при оценке МЭф двух методов измерений одного вида. В прямых измерениях обычно сравниваются методы без и с автоматической коррекцией погрешностей или методы с различными способами коррекции погрешностей.

При этом предполагается, что для линеаризации характеристики ИК и уменьшения нелинейных составляющих погрешностей измерений используются методы несистемной линеаризации, например метод поэлементной коррекции, структурные методы, методы электронных таблиц поправок и другие.

Методам избыточных измерений присущи погрешности второго и третьего порядка малости по сравнению с методами прямых измерений. Автоматическое исключение погрешностей здесь обеспечивается за счет обработки результатов промежуточных измерений нескольких рядов ФВ в соответствии с полученным уравнением избыточных измерений. Поэтому научный и практический интерес представляют знания о преимуществах одного МИИ по сравнению с другим, полученном при иной совокупности рядов измеряемых ФВ.

Для общности будем использовать обобщенное обозначение нормируемых погрешностей через ξ_x и индексы «п» и «и», указывающие вид измерений: «п» – прямые и «и» – избыточные.

При первом подходе под ФЭф погрешностей будем понимать модуль отношения одноименных погрешностей известного и предложенного (индексы «1» и «2») методов измерений одного вида (с учетом неопределенности, полученной с асимметричным интервалом):

$$E_{\text{п}}(x_i) = \frac{|\xi_{\text{пн1}}(x_i)|}{|\xi_{\text{пн2}}(x_i)|} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{01} \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{02} \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{array} \right\} = \left| \frac{\xi_{\text{пн1}}(x_i)}{\xi_{\text{пн2}}(x_i)} \right| + \left\{ \begin{array}{l} +k_{01} \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{02} \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где $\xi_{\text{пн1}}(x_i)$ и $\xi_{\text{пн2}}(x_i)$ – МХ обобщенной нормируемой погрешности, полученные путем закономерной обработки результатов измерительных преобразований ФВ; k_{01} и k_{02} – коэффициенты охвата; $+\Delta_{\Sigma c1}^A$, $-\Delta_{\Sigma c2}^A$ – стандартная суммарная неопределенность, измерительного преобразования ФВ, оцененная по типу А, – для прямых методов, и

$$E_{\text{и}}(x_i) = \frac{|\xi_{\text{ин1}}(x_i)|}{|\xi_{\text{ин2}}(x_i)|} + \left\{ \begin{array}{l} +k_{01}^M \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{02}^M \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{array} \right\} = \left| \frac{\xi_{\text{ин1}}(x_i)}{\xi_{\text{ин2}}(x_i)} \right| + \left\{ \begin{array}{l} +k_{01}^M \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{02}^M \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{array} \right\}, \quad (3)$$

¹ понятие «функционирование» является более общим, чем понятие «эксплуатация» и может быть применено как к СИ и ИС, так и к видам и методам измерений.

где $\xi_{x_{i1}}(x_i)$ и $\xi_{x_{i2}}(x_i)$ – МХ обобщенной нормируемой погрешности, полученные путем закономерной обработки результатов измерительных преобразований рядов ФВ; $+\Delta_{\Sigma c1}^A$, $-\Delta_{\Sigma c2}^A$ – стандартная суммарная неопределенность измерительного преобразования рядов ФВ, учитывающая неопределенность ФВ x_0 , воспроизводимой мерой (индекс «м» – от слова «мера»), и оцененная по типу А; k_{o1}^M и k_{o2}^M – соответствующие коэффициенты охвата,

– для избыточных измерений.

В отличие от РГМ 43-2001 [13], авторы которого нарушили единство обозначений и используют давно заимствованный символ *u* для обозначения неопределенности, нами введены и используются следующие формализованные обозначения неопределенностей: стандартная неопределенность – Δ_c ; суммарная стандартная – $\Delta_{\Sigma c}$ и расширенная неопределенность – Δ_p . Это обосновывается тем, что основной символ Δ в метрологии всегда характеризовал погрешность и он не вызывает у нас ассоциаций с напряжением, что характерно для символа «*u*». Неопределенность, вычисленная по типу А (или В) обозначается, вводом соответствующего надстрочного знака (символа): $\Delta_c^A (\Delta_c^B)$, $\Delta_{\Sigma c}^A (\Delta_{\Sigma c}^B)$ и $\Delta_p^A (\Delta_p^B)$.

Таким образом, при первом подходе МЭф описывается посредством ФЭф (2) и (3), представляющие собой модуль отношения или отношение модулей погрешностей сравниваемых методов. Изменения значений ФЭф (2) и (3) в зависимости от x_i составляют не более одного порядка.

Второй подход связан с оценкой эффективности методов прямых измерений по отношению к МИИ. В этих методах линейаризация ОФП осуществляется путем реализации алгоритмических или функционально-алгоритмических методов системной линейаризации [14].

В данном случае под ФЭ будем понимать модуль отношения погрешностей методов прямых и избыточных измерений:

$$E(x_i) = \frac{|\xi_{x_{i1}}(x_i)|}{|\xi_{x_{i2}}(x_i)|} + \left\{ \begin{matrix} +k_{o1} \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{o2} \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{matrix} \right. = \left| \frac{\xi_{x_{i1}}(x_i)}{\xi_{x_{i2}}(x_i)} \right| + \left\{ \begin{matrix} +k_{o1} \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{o2} \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{matrix} \right. \quad (4)$$

Для второго подхода ФЭф – модуль отношений или отношение модулей погрешностей результатов измерений прямым и избыточным методами.

МЭф является функциональной характеристикой сравниваемых методов измерений ФВ, зависящей как от погрешностей (неопределенности) сравниваемых методов измерений, так и от диапазона значений искомой ФВ x_i . Она характеризует степень снижения погрешности измерений предложенным методом по отношению к известному при заданном значении искомой ФВ x_i .

В целом МЭф характеризует системный эффект применения МИИ по отношению к методам прямых измерений при НФП ИК или по отношению к другому МИИ.

Изменения значений ФЭф (4) в зависимости от x_i в данном случае весьма значительные и составляют один-три порядка, в зависимости от степени нелинейности ФП ИК.

Для обоих случаев ФЭф определяются через абсолютные, приведенные или относительные погрешности измерений искомой ФВ. При этом используются общепринятые обозначения, например (без указания интервала неопределенности), $E_p(x_i) = |\Delta_{x_{i1}}(x_i)|/|\Delta_{x_{i2}}(x_i)|$, $E_{\gamma}(x_i) = |\gamma_{x_{i1}}(x_i)|/|\gamma_{x_{i2}}(x_i)|$, $E(x_i) = |\delta_{x_{i1}}(x_i)|/|\delta_{x_{i2}}(x_i)|$ и т.д.

В ряде случаев вызывает интерес оценка МЭф нескольких одноименных методов измерений. В этом случае они характеризуются семейством функций эффективности:

$$\left. \begin{aligned} E_1(x_i) &= \frac{|\xi_{x_{i1}}(x_i)|}{|\xi_{x_{i2}}(x_i)|} + \left\{ \begin{matrix} +k_{o1} \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{o2} \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{matrix} \right. \\ \dots \dots \dots \\ E_k(x_i) &= \frac{|\xi_{x_{ik}}(x_i)|}{|\xi_{x_{i2k}}(x_i)|} + \left\{ \begin{matrix} +k_{o1k} \cdot \Delta_{\Sigma c1k}^A \\ -k_{o2k} \cdot \Delta_{\Sigma c2k}^A \end{matrix} \right. \\ \dots \dots \dots \\ E_m(x_i) &= \frac{|\xi_{x_{im}}(x_i)|}{|\xi_{x_{i2m}}(x_i)|} + \left\{ \begin{matrix} +k_{o1m} \cdot \Delta_{\Sigma c1m}^A \\ -k_{o2m} \cdot \Delta_{\Sigma c2m}^A \end{matrix} \right. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

т.е. о зависимости ФЭф погрешностей от искомой ФВ x_i для ряда конкретных методов измерений разного вида в заданном динамическом диапазоне ее значений.

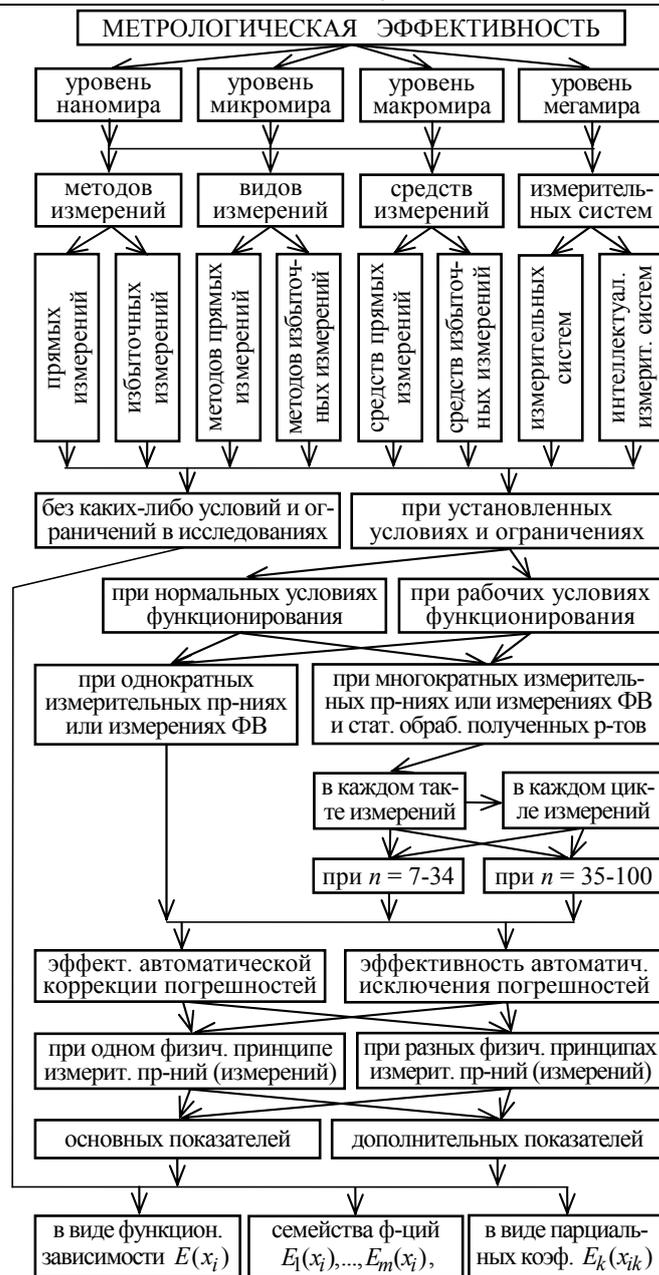


Рис. 2. Классификация видов метрологической эффективности

Эффективность или действенность МИИ по автоматическому исключению погрешностей измерений является характеристикой системных свойств сравниваемых методов измерений по уменьшению или даже исключению влияния нескольких или большинства составляющих систематической и/или случайной погрешностей на результат определения действительного значения искомой ФВ.

Возможен также «срез» МЭф по методам измерений для выбранного значения ФВ x_i . Математически он может быть записан (без) следующим образом, например, при $\{x_i\} = 5$:

$$E_M(x_5) = f\left(E_{M1}(x_5) \pm k_{01} \Delta_{\Sigma c1}^A, \dots, E_{Mk}(x_5) \pm k_{0k} \Delta_{\Sigma ck}^A, \dots, E_{Mm}(x_5) \pm k_{01n} \Delta_{\Sigma cm}^A\right), \quad (6)$$

Обозначение $E_M(x_5)$ (8) означает «срез» МЭф по методам при $\{x_i\} = 5$. Здесь E_M пишется с индексом «м», – начальная буква слова «метод», и предполагается, что установлен симметричный интервал полосы неопределенности.

Если сравниваются между собой методы измерений ФВ x_i при ЛФП ИК, то ФЭф (1) будет представлять собой прямую, не зависящую от значений искомой ФВ x_i . Последняя характеризуется постоянной величиной $E(x_i) = E = \text{const}$. Безразмерную постоянную величину E называют парциальным коэффициентом эффективности (КЭ) [14]. Следовательно, каждому конкретному значению ФВ x_i ($\{x_i\} = \{x_n\}$) соответствует парциальный КЭ $E_n = E(x_n)$. Данный коэффициент количественно характеризует эффективность, например, автоматического исключения систематических погрешностей

сравниваемых МИИ при конкретном значении искомой ФВ x_i .

При НФП сенсора или ИК парциальные КЭ должны записываться с указанием соответствующих значений искомой ФВ x_i . В этом случае говорят об эффективности измерений в диапазоне (или в части диапазона) измеряемых значений искомой ФВ x_i с указанием начальной и конечной точек диапазона или части диапазона). При этом используются такие обозначения, как, например, $E(x_{iH}, \dots, x_{iK}) = 5, \dots, 37$ или $E(\{x_{iH}\} = 1, \dots, \{x_{iK}\} = 10) = 7, \dots, 47$, $E_{II} = 10$ и другие.

Третий подход связан с оценкой МЭф средств прямых и избыточных измерений. Несмотря на то, что сравниваемые СИ характеризуется некоторой совокупностью одноименных показателей качества, в качестве критериев МЭф также используются их МХ.

Четвертый подход связан с оценкой МЭф измерительных систем, в том числе и интеллектуальных. Его особенностью является выбор одного и того же критерия эффективности для всех ИК. Методом измерений определяется МЭф каждого канала, а затем определяется значение показателя МЭф ИС как усредненное (среднеарифметическое) значение полученных показателей. Целесообразность использования в оценке МЭф неопределенности зависит от числа ИК в сравниваемых ИС.

При оценке СИ и измерительных систем (ИС) могут быть использованы и некоторые показатели их метрологической надежности (метрологический отказ, нестабильности и др.). Вопрос использования в качестве показателей МЭф отдельных показателей метрологической надежности находится еще в стадии изучения.

Многообразие частных видов МЭф обусловлена многообразием наложенных на объект измерений условий и ограничений, при которых осуществляется метрологическая деятельность человека. В зависимости от наложенных на объект измерений условий и ограничений, различают группы МЭф, определенной без каких-либо условий и ограничений, и группы МЭф, определенной при установленных условиях и ограничениях (рис. 2). Последние, в свою очередь, по признаку «основные виды ограничений или условия функционирования», делятся на подгруппы МЭф, определенной при: 1) нормальных условиях функционирования СИ и ИС; 2) рабочих условиях функционирования (эксплуатации) данных технических средств.

Возможны и другие условия определения МЭф. В качестве примера приведем такие частные виды МЭф, как:

МЭф методов прямых (или избыточных) измерений одноименных ФВ при разных значениях одноименных параметров ФП ИК;

МЭф методов прямых (или избыточных) измерений одноименных ФВ при разных значениях используемой образцовой меры;

МЭф методов прямых (или избыточных) измерений одноименных ФВ при разном числе измерений и одних и тех же значениях параметров ФП ИК;

МЭф методов прямых (или избыточных) измерений одноименных ФВ при разном числе измерений и разных значениях параметров ФП ИК;

МЭф методы однократных избыточных измерений однородных ФВ при неизменных значениях параметров НФП ИК, но при разной (изменяемой) тонкой структуре используемых рядов измеряемых ФВ;

МЭф методы многократных избыточных измерений однородных ФВ при неизменных значениях параметров НФП ИК, но при одном и том же числе измерений в каждом такте и/или цикле;

МЭф МИИ однородных ФВ при неизменных значениях параметров НФП ИК, но при разном числе измерений в каждом тактов и/или цикле;

МЭф методы однократных избыточных измерений при разных значениях параметров НФП ИК, но при неизменной тонкой структуре используемых рядов измеряемых ФВ;

МЭф методы многократных избыточных измерений однородных ФВ при разных значениях параметров НФП ИК, но при одном и том же числе измерений в каждом такте и/или цикле;

МЭф МИИ однородных ФВ при разных значениях параметров НФП ИК и разном числе измерений в каждом тактов и/или цикле;

МЭф МИИ однородных ФВ, отличающихся физическими принципами измерений, при неизменных значениях параметров НФП ИК;

МЭф видов измерений (избыточных относительно прямых) одноименных ФВ при однократных измерениях и одних и тех же значениях параметров ФП ИК;

МЭф видов измерений (избыточных относительно прямых) одноименных ФВ при разном числе измерений и одних и тех же значениях параметров ФП ИК;

МЭф видов измерений (избыточных относительно прямых) одноименных ФВ при однократных измерениях и неизменных значениях параметров ФП ИК;

МЭф видов измерений (избыточных относительно прямых) одноименных ФВ при одном и том же числе измерений в каждом такте (и/или цикле) измерений, но при разных (нормировано измененных) значениях параметров ФП ИК;

МЭф видов измерений (избыточных относительно прямых) одноименных ФВ при разном числе измерений в каждом такте и/или цикле измерений, но неизменных значениях параметров ФП ИК;

МЭф видов измерений (избыточных относительно прямых) одноименных ФВ при разном числе измерений в каждом такте и/или цикле и при разных значениях параметров ФП ИК;

МЭф однотипных СИ (СИИ) при единичном значении коэффициента метрологического запаса;

МЭф ИС при ее работе в нормальных и рабочих условиях эксплуатации (при изменении условий

експлуатации);

МЭф разных ИС между собой при работе в одинаковых условиях эксплуатации и другие.

Частные виды МЭф по признаку «число проводимых измерений в каждом такте и/или цикле» делятся на МЭф, характеризующую результат человеческой деятельности при однократных и при многократных измерительных преобразованиях (или измерениях) ФВ. В последнем случае обязательно используется статистическая обработка полученных результатов. При этом МЭф зависит от того, проводились ли многократные измерения а каждом такте и/или цикле измерений или нет. Кроме того, МЭф зависит и от числа многократных измерительных преобразований (или измерений), – при $n = 7 - 34$ или $n = 35 - 100$.

Особенностью прямых измерений является необходимость коррекции систематических погрешностей, особенно от нелинейности. Эффективность этой коррекции определяется путем сравнения методов прямых измерений без и с коррекцией погрешностей.

Особенностью избыточных измерений является автоматическое исключение систематических составляющих погрешности.

Если основным показателем эффективности выбраны погрешность измерения, то по признаку «особенности процессов прямых и избыточных измерений» различают: МЭф автоматической коррекции погрешностей (– для методов прямых измерений) и МЭф автоматического исключения погрешности (– для методов избыточных измерений).

Многообразие изучаемых физических принципов, положенных в основу измерительного преобразования и измерения ФВ, обусловило необходимость различать МЭф при использовании методов измерительного преобразования или измерения на одинаковых или на разных физических принципах.

Поскольку основным элементов МЭф является существенные показатели эффективности, то по типу «существенные показатели», различают частные виды МЭф с использованием основных (ключевых) и дополнительных (второстепенных) показателей. Примеры видов МЭф по данным показателям были приведены выше.

И, наконец, по форме представления результата метрологической деятельности человека, различают МЭф, характеризуемую функциональной зависимостью $E(x_i)$, семейством ФЭф ($E_1(x_i), \dots, E_k(x_i), \dots, E_m(x_i)$), а также в виде парциальных коэффициентов, характеризующих МЭф на части диапазоне измеряемых ФВ или при одном ее значении.

Формы аналитического представления ФЭф зависят от соответствующих форм аналитического представления погрешностей:

а) через уравнения погрешностей, –

$$E(x_i) = \left| \frac{\xi_{x_{i1}}(x_i)}{\xi_{x_{i2}}(x_i)} \right| + \begin{cases} +k_{01} \cdot \Delta_{\Sigma c1}^A \\ -k_{02} \cdot \Delta_{\Sigma c2}^A \end{cases}, \quad (7)$$

б) через уравнения измерений искомой ФВ x_i , полученные без и с погрешностью. Для избыточных измерений, например, ФЭф примет вид:

$$E_n(x_i) = \left| \frac{\frac{F'_{x1}(y'_{n11}, \dots, y'_{nk1}, \dots, y'_{nn11})}{F'_{01}(y'_{n01}, \dots, y'_{nk1}, \dots, y'_{nn21})} - \frac{F_{x1}(y_{n1}, \dots, y_{nk1}, \dots, y_{nn11})}{F_{01}(y_{n01}, \dots, y_{nk1}, \dots, y_{nn21})}}{\frac{F'_{x2}(y'_{n12}, \dots, y'_{nk2}, \dots, y'_{nn12})}{F'_{02}(y'_{n02}, \dots, y'_{nk2}, \dots, y'_{nn22})} - \frac{F_{x2}(y_{n12}, \dots, y_{nk2}, \dots, y_{nn12})}{F_{02}(y_{n02}, \dots, y_{nk2}, \dots, y_{nn22})}} \right| + \begin{cases} +k_{01}^M \cdot \Delta_{M\Sigma c1}^A \\ -k_{02}^M \cdot \Delta_{M\Sigma c2}^A \end{cases}, \quad (8)$$

где через F и F' обозначены функции взаимосвязи результатов измерений рядов ФВ без и с погрешностью, а через y_n и y'_n – результаты измерений данных рядов ФВ без и с погрешностью.

Если результаты многократных измерений предварительно подверглись статистической обработке, то они будут обозначаться через $\overline{y_n}$, т.е. как усредненные.

На основе ФЭф (7) и (8) получают соответствующие уравнения числовых значений.

Приведенная классификация подтверждает главные особенности МЭф: ее целостность, многогранность, многопараметровость, многозначность, динамичность и взаимосвязанность ее сторон.

Проблема определения значений так называемой общей (абсолютной) эффективности по показателям частной эффективности является еще далеко не разрешенной задачей и в настоящей работе не рассматривается. Эта проблема обуславливает необходимость не только надежного и высокоточного измерения данных показателей, но и установления согласованной, общепринятой точки отсчета. В зависимости от вида эффективности, точками отсчета в метрологии могут быть: единичное значение коэффициента МЭф; значение «нормированной погрешности без учета коэффициента метрологического запаса»; значение погрешность сравниваемого метода измерения в нормальных условиях; значение погрешности (неопределенности) эталона (образцовой ФВ), значение класса точности и другие. Главная сложность состоит в определении вклада каждого частного вида МЭф, определенного по показателям качества, в общую (абсолютную) эффективность.

Пути и методы повышения МЭф избыточных измерений

Для ИИ характерны следующие пути и методы повышения МЭф:

1) создания условий для формирования рядов измеряемых ФВ;
2) научное обоснование оптимальных путей комплексного решения проблем внутреннего характера, т.е. исключения влияния абсолютных значений и нестабильности параметров НФП ИК на результат ИИ;

3) выбор симметричных рядов ФВ и методов системной линеаризации общей (виртуальной) ФП ИК, обеспечивающих минимальную погрешность измерений;

4) разработка путей и методов дальнейшего развития МИИ, в части исключения остаточных систематических составляющих погрешности измерений.

Повышение МЭф ИИ – это не случайный, а закономерный, устойчивый, повторяющийся и причинно обусловленный процесс, действующий объективно. Оно стало возможным благодаря использования общенаучной методологии системного подхода и информативной избыточности в новой стратегии измерений.

Основные функции развиваемой теории метрологической эффективности

Следуя [15], можно утверждать, что к числу основных функций развиваемой теории метрологической эффективности можно отнести следующие:

1. Синтетическая функция – объединение отдельных достоверных знаний о МЭф в единую, целостную систему знаний;

2. Объяснительная функция – выявление причинных и иных общих и частных зависимостей, многообразия связей метрологической ФЭф, ее существенных характеристик, законов происхождения и развития МЭф, и т.п.;

3. Методологическая функция – на базе теории МЭф формулируются многообразные методы, способы и приемы целенаправленной исследовательской деятельности человека, направленные на повышение МЭф;

4. Предсказательная – функция предвидения будущего состояния явлений (результатов измерительных преобразований или измерений), описываемая, например, функцией МЭф. На основании теоретических представлений о результатах измерений делаются выводы о существовании неизвестных ранее фактов, объектов или их свойств, связей между явлениями и т.д.

5. Практическая функция. Конечное предназначение теории МЭф – быть воплощенной в практику, быть "руководством к действию" по изменению реальной действительности. Поэтому вполне справедливо утверждение о том, что нет ничего практичнее, чем хорошая теория.

Считаем, что полученные результаты исследований обогатили науку метрологию новыми знаниями.

Выводы

1. Эффективность – это характеристика качества (действенности) целенаправленной деятельности человека и ее результатов на разных уровнях познания сущности свойств, процессов, объектов и явлений материального мира. Она является одной из фундаментальных категорий, поскольку выражает закономерности, присущие любому виду человеческой деятельности.

2. Установлено, что применительно к науке метрологии, как одного из видов целенаправленной деятельности человека, эффективность еще недостаточно глубоко изучена; отсутствуют определения ее законов, принципов и понятий, отсутствует классификация видов эффективности и т.д. Этот пробел удалось закрыть в достаточной мере.

3. Сложность и многогранность категории эффективности пока не позволяет выявить один единственный критерий для ее измерения, что послужило основанием для разграничения эффективности на ряд видов и раскрытия понятий каждого из них.

4. Лучшим методом научного познания является метод измерения.

5. Установлено, что эффективность закономерна и характеризуется посредством функции эффективности, ее парциальных коэффициентов и уравнений числовых значений.

6. Сформулирован всеобщий закон эффективности, даны определения основным принципам эффективности.

7. Выделено ряд классификационных признаков, на основе которых разработана и описана классификация всего многообразия видов эффективности, как категории. В результате получена структура взаимосвязей разных видов эффективности между собой и с уровнями целенаправленной деятельности человека.

8. Установлено, что эффективность многогранна, как многогранна деятельность человека на создание новых методов, методологий, веществ, материалов, изделий, систем, технологий и т.д.

9. Показано, что метрологическая эффективность характеризует целенаправленную деятельность человека и ее результаты по созданию новых и совершенствованию существующих методов, методологий, средств измерений, измерительных систем, образцов свойств материалов и состава веществ и т.д.

10. Дано несколько определений общего и частных законов метрологической эффективности, что свидетельствует о многогранности проявлений метрологической эффективности, как результата деятельности человека по развитию науки метрологии. В частности, например, утверждается, что эффективность целенаправленной деятельности человека и ее результатов познается методом измерения отношения абсолютных значений существенных показателей метрологической эффективности, полученных

с одинаковой степенью вероятности в заданном динамическом диапазоне исследуемых свойств и характеризуется метрологической функцией эффективности, ее парциальными коэффициентами и метрологическими числами.

11. Приведены определения частных законов метрологической эффективности для видов и методов измерений, сформулированы принципы метрологической эффективности, дано ряд определений метрологической эффективности с разной смысловой нагрузкой.

12. Сформулированы требования по выбору показателей метрологической эффективности.

13. Разработана классификация метрологической эффективности, преимущественно ее частных видов, что указывает на необходимость учета всех факторов, влияющих на целенаправленную деятельность человека и на полученные результаты. Приведены примеры частных видов метрологической эффективности.

14. Рассмотрено четыре основных подхода к оценке метрологической эффективности: оценка метрологической эффективности методов измерений, видов измерений, средств измерений и измерительных систем, отличающиеся выбранными основными признаками метрологической эффективности и видом метрологических функций эффективности.

15. Выделены основные пути и методы повышения метрологической эффективности методов избыточных измерений, что подтверждает их неограниченные возможности по повышению точности, быстродействия и метрологической надежности средств избыточных измерений.

16. Показано, что развиваемая теория метрологической эффективности, как и теория избыточных измерений, обладает синтетической объяснительной, методологической, предсказательной и практической функциями.

17. Полученные результаты теоретических исследований дают основания утверждать, что действительно созданы основы (мини-)теории метрологической эффективности.

Литература

1. Таренко Л.Б. Понятие эффективности производства. <http://www.tisbi.ru/science/vesnik/2000/issue4/7.html>.
2. Разумов В.И., Сизиков В.П. Категориальный аппарат в современном естествознании // Философия науки. 2004, № 1. С. 3-29.].
3. Курсовая работа «Эффективность производства: формы, сущность, измерения». http://5ka.su/ref/economy/0_object14723.html
4. Краснов А.Н. Эффективность как фундаментальная экономическая категория <http://journal.vlsu.ru/index.php?id=1865>. № 18, декабрь 2007г., (часть 2)
5. Теория познания (гносеология). <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/Teoria/> 6.htm.
6. Маммедов А.Б., Баширов Р.И. Современное естествознание и методология научного познания. <http://www.bestreferat.ru/referat-100218.html>.
7. Эффективность ... http://ref-upr.ru/refer/167_10147.php.
8. Определения в Интернете // [http://www.google.com.ua/search?hl=ru&client=opera&rls=ru&hs=kIJ&defl=ru&q=define: %D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&ei=pwhcS5zOKqPInAPuJWbAg&sa=X&oi=glossary_definition&ct=title&ved=0CAYQkAE](http://www.google.com.ua/search?hl=ru&client=opera&rls=ru&hs=kIJ&defl=ru&q=define:%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&ei=pwhcS5zOKqPInAPuJWbAg&sa=X&oi=glossary_definition&ct=title&ved=0CAYQkAE).
9. Экономические законы. http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?Rdquotuso,lxqol!ngqut.
10. Критерии определения ключевых показателей эффективности. <http://www.iso.ru/journal/articles/347.html>.
11. Кудашова Ю.В. Эффективность управления: Методические указания к теме по дисциплине «Теория управления». – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 17 с. http://window.edu.ru/window_catalog/pdf2txt?p_id=2490.
12. Законы науки, способы их открытия и обоснования. http://student.km.ru/ref_show_frame.asp?id=67EF41C5F1204ED985FE35E7C18CFEE0.
13. РМГ 43-2001. ГСОЕИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений». Издание официальное. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск, 2001. – 19 с.
14. Кондратов В.Т. Основы теории автоматической коррекции систематических погрешностей измерения физических величин при нестабильной и нелинейной функции преобразования сенсора”, Дис. ... докт. техн. наук, Киев, 2001. Т. 1, 501 с.
15. Структура и функции научной теории. Закон как ключевой ее элемент. <http://in1.com.ua/book/10110/4920/>.

Надійшла 3.2.2010 р.